

**HIGHLY HEAT RESISTANT ALLOY**

**Publication number:** RU2020178 (C1)

**Publication date:** 1994-09-30

**Inventor(s):** AFANASEV SERGEJ V [RU]; ZIMIN GERMAN G [RU]; AKIMOV NADIR K [RU];  
MAKSUTOV RASHAD R [RU]; PISAREV BORIS K [RU]; REBONEN VALERIJ N  
[RU]; RTISHCHEV VLADIMIR V [RU]; SERGEEV ANATOLIJ B [RU];  
TERESHCHENKO ALEKSANDR G [RU]; TITOVETS YURIJ F [RU];  
PROSKURYAKOV GEORGIJ V [RU]; KHLYSTOV EVGENIJ N [RU]

**Applicant(s):** TSNII KONSTRUKSIONNYKH MATERI [RU]; N PROIZV OB EDINENIE I I PROEK  
[RU]

**Classification:**

- **international:** C22C19/05; C22C19/05; (IPC1-7): C22C19/05

- **European:**

**Application number:** SU19915012876 19911121

**Priority number(s):** SU19915012876 19911121

Abstract not available for **RU 2020178 (C1)**

---

Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide





(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 020 178** <sup>(13)</sup> **C1**  
(51) МПК<sup>5</sup> **C 22 C 19/05**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 5012876/02, 21.11.1991

(46) Дата публикации: 30.09.1994

(56) Ссылки: Ост 1.90126-65.

(71) Заявитель:

Центральный научно-исследовательский  
институт конструкционных материалов  
"Прометей",  
Научно-производственное объединение по  
исследованию и проектированию  
энергетического оборудования  
им.И.И.Ползунова

(72) Изобретатель: Афанасьев С.В.,

Зимин Г.Г., Акимов Н.К., Максудов  
Р.Р., Писарев Б.К., Ребонен В.Н., Ртищев  
В.В., Сергеев А.Б., Терещенко А.Г., Титовец  
Ю.Ф., Проскуряков Г.В., Хлыстов Е.Н.

(73) Патентообладатель:

Центральный научно-исследовательский  
институт конструкционных материалов  
"Прометей",  
Научно-производственное объединение по  
исследованию и проектированию  
энергетического оборудования  
им.И.И.Ползунова

(54) ВЫСОКОЖАРОПРОЧНЫЙ СПЛАВ

(57) Реферат:

Использование: ответственные детали  
газотурбинных двигателей. Сплав содержит  
следующие компоненты, мас. %: углерод  
0,005 - 0,12; бор 0,005 - 0,015; хром 9,5 -  
11,4; кобальт 5,2 - 6,8; молибден 0,5 - 1,5;

вольфрам 7,5 - 9,8; алюминий 3,8 - 4,4;  
титан 4,0 - 4,6; ниобий 0,5 - 1,5; марганец  
0,3 - 0,8; кальций 0,005 - 0,02; иттрий 0,01  
- 0,03; цирконий 0,005 - 0,03; никель -  
основа. 1 з.п. ф-лы, 2 табл.

RU 2020178 C1

RU 2020178 C1



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 020 178** <sup>(13)</sup> **C1**  
(51) Int. Cl.<sup>5</sup> **C 22 C 19/05**

RUSSIAN AGENCY  
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 5012876/02, 21.11.1991

(46) Date of publication: 30.09.1994

(71) Applicant:  
Tsentral'nyj nauchno-issledovatel'skij  
institut konstruksionnykh materialov "Prometej",  
Nauchno-proizvodstvennoe ob"edinenie po  
issledovaniju i proektirovaniju  
ehnergeticheskogo oborudovanija im.I.I.Polzunova

(72) Inventor: Afanas'ev S.V.,  
Zimin G.G., Akimov N.K., Maksutov R.R., Pisarev  
B.K., Rebonen V.N., Rtishchev V.V., Sergeev  
A.B., Tereshchenko A.G., Titovets  
Ju.F., Proskurjakov G.V., Khlystov E.N.

(73) Proprietor:  
Tsentral'nyj nauchno-issledovatel'skij  
institut konstruksionnykh materialov "Prometej",  
Nauchno-proizvodstvennoe ob"edinenie po  
issledovaniju i proektirovaniju  
ehnergeticheskogo oborudovanija im.I.I.Polzunova

(54) **HIGHLY HEAT RESISTANT ALLOY**

(57) Abstract:

FIELD: responsible components of gas turbine engines. SUBSTANCE: the alloy comprises the following components (wt %): 0.005-0.12 carbon; 0.005-0.015 boron; 9.5-11.4 chromium; 5.2-6.8 cobalt; 0.5-1.5 molybdenum; 7.5-9.8 tungsten; 3.8-4.4

aluminium; 4.0-4.6 titanium; 0.5-1.5 niobium; 0.3-0.8 manganese; 0.005-0.02 calcium; 0.01-0.03 yttrium; 0.005-0.03 zirconium; and nickel, the base. EFFECT: improved properties of the highly heat resistant alloy. 2 cl, 2 tbl

RU 2 020 178 C1

RU 2 020 178 C1

Изобретение относится к металлургии сплавов на основе никеля, содержащего хром, кобальт, вольфрам, молибден, алюминий, титан, ниобий, марганец, углерод, бор, иттрий, цирконий, кальций и церий и используемых в энергетической, авиастроительной и др. отраслях промышленности для изготовления лопаток газовых турбин, работающих при температуре до 1000°C в агрессивных газовых средах.

В настоящее время для ответственных деталей газотурбинных двигателей в основном используются аустенитные сложнолегированные никелевые сплавы. При этом основные трудности при разработке лопаточных материалов заключаются в достижении оптимального сочетания высокой жаропрочности и стойкости против высокотемпературной коррозии. Известно, что легирующие элементы, приводящие к повышению коррозионной стойкости этих материалов, оказывают неблагоприятное воздействие на уровень их высокотемпературной прочности. Таким образом, возможность улучшения служебных свойств новых жаропрочных материалов связана прежде всего с балансировкой их состава и структурных составляющих.

Из известных жаропрочных сплавов, применяемых для изготовления лопаток отечественных стационарных и авиационных газовых турбин, по составу ингредиентов и своей технической сущности наиболее близким является состав ЖС6-К (ОСТ.1.90126-65), содержащий, мас. %: Углерод 0,13-0,20 Хром 9,6-12,0 Кобальт 4,0-5,0 Молибден 3,5-4,8 Вольфрам 4,5-5,5 Алюминий 5,0-6,0 Титан 2,5-3,2 Бор 0,02 (по расчету) Церий 0,02 (по расчету) Цирконий 0,04 (по расчету) Никель Основа Известный сплав обладает достаточно высоким уровнем длительной прочности:

$\sigma_{100}^{900} \geq 30$  кгс/мм<sup>2</sup> для отливок с равноосной структурой.

$\sigma_{100}^{900} \geq 32$  кгс/мм<sup>2</sup> для отливок с ориентированной структурой. Однако плохая стойкость против высокотемпературной коррозии не позволяет рекомендовать этот сплав к применению в газотурбинных двигателях, работающих на топливе, содержащем серу и др. коррозионно-активные примеси. Кроме того, перспективные проекты газотурбинных установок повышенной мощности и ресурса требуют материалов с более высоким уровнем жаропрочности.

Целью изобретения является создание высокожаропрочного сплава на никелевой основе, обладающего удовлетворительным уровнем коррозионной стойкости.

Поставленная цель достигается путем следующего изменения ингредиентов:

В целях повышения стойкости против высокотемпературной коррозии отношение титана к алюминию доводится до значений  $Ti/Al \geq 1,0$  мас. % и их концентрация в сплаве изменяется с 5,0-6,0% по массе Al и 2,5-3,2% по массе Ti по 3,8-4,4% по массе Al и 4,0-4,6% по массе Ti. Кроме того, снижается содержание молибдена с 3,5-4,8 до 0,5-1,5 мас. % и вводится марганец в концентрации 0,3-0,8 мас. %, а также для улучшения адгезии окисной пленки с основным металлом

вводится иттрий в концентрации 0,01-0,03 мас. %.

Одновременно, для повышения уровня жаропрочности и температурной способности, увеличивается содержание кобальта с 4,0-5,0 до 5,2-6,8 мас. % и вольфрама с 4,5-5,8 до 7,5-9,8 мас. %, а также дополнительно вводится ниобий в концентрации 0,5-1,5 мас. % и кальций в концентрации 0,005-0,02 мас. %. При этом за счет расчетно-экспериментальной оценки обеспечивается высокий уровень фазовой стабильности предлагаемого

сплава ( $\overline{N}_{\gamma} \leq \overline{N}_{\gamma}^0 = 2,4$ ) и когерентности  $\gamma$  и  $\gamma'$

-фаз ( $a \gamma' - a \gamma < 0,01$ ).

Предлагаемый сплав на основе никеля, содержащий, мас. % : Углерод 0,005-0,12 Бор 0,005-0,015 Хром 9,5-11,4 Кобальт 5,2-6,8 Молибден 0,5-1,5 Вольфрам 7,5-9,8 Алюминий 3,8-4,4 Титан 4,0-4,6 Ниобий 0,5-1,5 Марганец 0,3-0,8 Кальций 0,005-0,02 Иттрий 0,01-0,03 Цирконий 0,005-0,03 Никель Основа

При этом сплав с содержанием углерода 0,005-0,05 мас. % рекомендуется использовать только для литья турбинных лопаток с ориентированной структурой, которые изготавливаются методом направленной кристаллизации, в то время как сплав с содержанием углерода 0,06-0,12 мас. % следует использовать при изготовлении лопаток обычным литьем в вакууме.

В ЦНИИ КМ "Прометей" в вакуумных индукционных печах на чистых шихтовых материалах была произведена выплавка нового и известного сплавов, а также проведена их термическая обработка и исследованы коррозионная стойкость и механические свойства. Химические составы заявляемого и известного сплавов приведены в табл. 1., механические свойства и данные о коррозионной стойкости - в табл.2. Как показывают эти результаты, предлагаемый сплав имеет более высокую коррозионную стойкость и уровень механических свойств и длительной прочности по сравнению с указанным прототипом.

#### Формула изобретения:

1. ВЫСОКОЖАРОПРОЧНЫЙ СПЛАВ на основе никеля, включающий хром, кобальт, молибден, вольфрам, алюминий, титан, углерод, бор и цирконий, отличающийся тем, что он дополнительно содержит ниобий, кальций, иттрий и марганец при следующем соотношении компонентов, мас. %:

Углерод 0,005 - 0,12

Бор 0,005 - 0,015

Кобальт 5,2 - 6,8

Хром 9,5 - 11,4

Молибден 0,5 - 1,5

Вольфрам 7,5 - 9,8

Алюминий 3,8 - 4,4

Титан 4,0 - 4,6

Ниобий 0,5 - 1,5

Марганец 0,3 - 0,8

Кальций 0,005 - 0,02

Иттрий 0,01 - 0,03

Цирконий 0,005 - 0,03

Никель Остальное

2. Сплав по п.1, отличающийся тем, что он содержит 0,005 - 0,05 мас. % углерода и имеет

литую ориентированную структуру, кристаллизации.  
полученную методом направленной

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

-4-

RU 2020178 C1

RU 2020178 C1

1С 8210202 ПЯ

Таблица 1

Сплав	Плав-ка	Струк-тура сплава	Содержание легирующих элементов, мас. %												Zr	Ni
			C	B	Cr	Co	Mo	W	Al	Ti	Nb	Mn	I	Ce	Ca	
Пред-лагае-мый	671	Ориен-тиро-ванная	0,0050	0,005	9,5	5,2	0,5	7,5	3,8	4,0	0,5	0,3	0,01	-	0,005	0,005
	672	"-"	0,02	0,008	10,4	5,6	0,9	8,8	4,0	4,3	0,9	0,5	0,02	-	0,007	0,007
	673	"-"	0,05	0,009	10,5	6,7	1,4	9,7	4,3	4,5	1,4	0,7	0,04	-	0,015	0,011
	674	Равно-основ-ная	0,06	0,005	9,6	4,9	0,6	7,6	3,9	4,1	0,6	0,4	0,02	-	0,007	0,007
	675	"-"	0,08	0,01	10,2	5,8	1,0	9,2	4,2	4,3	1,0	0,6	0,03	-	0,010	0,012
Ориен-тиро-ванная	676	"-"	0,12	0,015	11,4	6,8	1,5	9,8	4,4	4,6	1,5	0,8	0,03	-	0,020	0,030
	677*	Ориен-тиро-ванная	0,003	0,003	9,3	4,8	0,3	7,3	3,6	3,9	0,3	0,2	0,005	-	0,002	0,002
	678*	Равно-основ-ная	0,13	0,02	11,6	7,0	1,7	9,9	4,6	4,8	1,7	1,0	0,05	-	0,030	0,05

RU 2020178 C1

13 8710202 RU

Продолжение табл. 1

Сплав	Плав-ка	Структу-ра спла-ва	Содержание легирующих элементов, мас. %														
			C	B	Cr	Co	Mo	W	Al	Ti	Nb	Mn	I	Ce	Ca	Zr	Ni
Изве-стный	620	Ориен-тиро-ванная	0,13	0,02	10,4	4,6	4,0	4,6	5,5	3,0	-	-	-	0,015	-	0,03	-
	621	Равно-основ-ная	0,18	0,02	10,6	4,8	4,6	4,3	6,0	2,7	-	-	-	0,015	-	0,03	-

\* - Плавки за пределами состава

RU 2020178 C1



13 8 7 1 0 2 0 2 ПЯ

Таблица 2

Сплав	Плавка	Структура	Т <sub>исп.</sub> , °С	Механические характеристики при растяжении			Длительная прочность		Скорость коррозии, мг/см <sup>2</sup> ч	Температура перелома к интенсивной коррозии, °С
				$\sigma_b$ , кгс/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{0.2}$ , кгс/мм <sup>2</sup>	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	Напряжение, кгс/мм <sup>2</sup>		
Предлагаемый	671	Ориентированная	800	118,5	102,5	9,5	20,5	50,0	0,72	820
	672	—	900	92,5	83,0	12,0	23,5	30,0	32,0	850
			800	120,5	107,5	10,0	22,5	50,0	0,58	
	673	—	900	102,0	89,5	11,0	19,5	30,0	24,0	860
			800	121,0	108,5	8,5	18,5	50,0	0,37	
	674	Равноосновная	900	104,0	90,5	9,5	17,0	30,0	19,6	860
			800	110,0	101,5	7,0	14,0	50,0	0,42	
	675	—	900	89,5	80,5	10,5	18,0	30,0	21,0	880
			800	115,0	106,0	6,5	12,0	50,0	0,40	
	676	—	900	92,5	85,0	9,0	18,5	30,0	18,0	900
			800	114,5	104,0	6,0	12,5	50,0	0,39	
	677*	Ориентированная	900	95,0	86,0	8,5	16,5	30,0	1,4	800
			800	105,0	95,0	11,0	23,0	50,0	1,5	
	678*	Равноосновная	900	82,5	76,0	18,0	26,5	30,0	35,0	910
			800	108,5	100,5	3,9	8,5	50,0	0,28	
		основная	900	95,0	87,5	4,5	9,5	30,0	0,72	

RU 2020178 C1

10 8210202 ПР

Продолжение табл. 2

Сплав	Номер сплава	Структура сплава	Тисп., °С	Механические хар-ки растяжения				Длительная прочность		Скорость коррозии, мг/см <sup>2</sup> ч	Температура перехода к интенсивной коррозии, °С
				$\sigma_b$ , кгс/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{0,2}$ , кгс/мм <sup>2</sup>	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	Напряжение, кгс/мм <sup>2</sup>	Время до разрушения, ч		
Известный	620	Ориентированная	800	94,0	83,5	4,5	6,0	50,0	445	40,0	800
			900	79,5	66,0	6,0	8,5	30,0	110	60,0	
	621	Равноосновная	800	93,5	80,0	2,0	6,5	50,0	380	52,0	800
			900	82,5	68,5	2,5	6,0	30,0	90	84,0	

\* — Плавки заградельного состава

RU 2020178 C1